

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-218365
(P2001-218365A)

(43) 公開日 平成13年8月10日 (2001.8.10)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 2 J 1/00	3 0 6	H 0 2 J 1/00	3 0 6 C 5 F 0 5 1
H 0 1 G 9/155		H 0 1 G 9/00	3 0 1 Z 5 G 0 6 5
H 0 1 L 31/04		H 0 1 L 31/04	K

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-27789 (P2000-27789)

(22) 出願日 平成12年2月4日 (2000.2.4)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 西岡 孝

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 太刀川 正美

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100087446

弁理士 川久保 新一

最終頁に続く

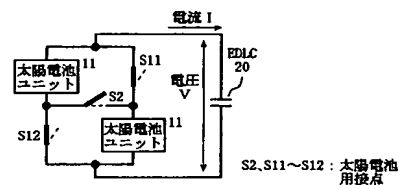
(54) 【発明の名称】 直流電源装置

(57) 【要約】

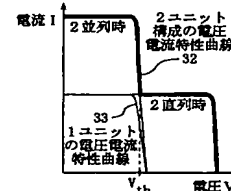
【課題】 太陽電池と電気二重層コンデンサとによって直流電源装置を構成した場合、効率の良い充電を行うことができる直流電源装置を提供することを目的とするものである。

【解決手段】 L個の太陽電池ユニットと、電気二重層コンデンサを用いたM個の蓄電ユニットと、所定の閾値を境に、上記L個の発電ユニットが並列、直列の少なくとも一方で接続される第1の接続状態から、上記L個の発電ユニットが並列、直列の少なくとも一方で接続され、上記第1の接続状態とは異なる第2の接続状態に変化させる制御手段とを有する直流電源装置である。

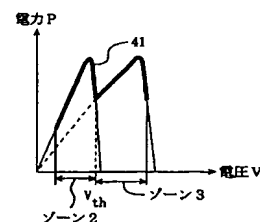
(1) D P S 1 0 : 直流電源装置



(2)



(3)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 L個の太陽電池ユニットと；電気二重層コンデンサを用いた蓄電ユニットと；第1の閾値群を境に、上記L個の太陽電池ユニットが、並列、直列の少なくとも一方で接続される第1の接続状態から、上記L個の太陽電池ユニットが、並列、直列の少なくとも一方で接続され、上記第1の接続状態とは異なる第2の接続状態に変化させる第1の制御手段と；を有し、上記L個の太陽電池ユニットが出力した電力を、上記蓄電ユニットに蓄えることを特徴とする直流電源装置。

【請求項2】 請求項1において、上記蓄電ユニットの残存容量が大きいときに、上記太陽電池ユニットの並列接続の割合を大きくし、上記太陽電池ユニットによる発電電力が小さいときに、上記太陽電池ユニットの直列接続の割合を大きくすることを特徴とする直流電源装置。

【請求項3】 請求項1において、1とLを含むLの約数とを小さい順に並べると、1、 L_1 、 L_2 、……、 L_{n-2} 、 L_{n-1} 、Lである場合、上記太陽電池ユニットの接続の組み合わせは、1個直列・ $(L/1)$ 組並列の接続、 L_1 個直列・ (L/L_1) 組並列の接続、 L_2 個直列・ (L/L_2) 組並列の接続、……、 L_{n-2} 個直列・ (L/L_{n-2}) 組並列の接続、 L_{n-1} 個直列・ (L/L_{n-1}) 組並列の接続、L個直列・ (L/L) 組並列の接続であり、上記複数の組み合わせの1つから、上記1つの組み合わせの隣の組み合わせに、上記太陽電池ユニットを組替えることを特徴とする直流電源装置。

【請求項4】 請求項3において、個別の上記太陽電池ユニットの開放電圧の平均値を V_{oc} とし、曲線因子の平均値をFとし、上記複数の組み合わせの1つから、上記1つの組み合わせの隣の組み合わせに、上記太陽電池ユニットを組替える場合の上記閾値は、全発電電圧が $V_{oc} \times (L_1/L_{i+1}) \times (L_{i+1} - L_i + L_i F)$ である電圧である($0 \leq i \leq n-1$)ことを特徴とする直流電源装置。

【請求項5】 請求項3において、上記L個の太陽電池ユニットの個々の開放電圧・曲線因子の平均値からの差異が、開放電圧においては、 $\pm 20\%$ 以内であり、曲線因子においては $\pm 30\%$ 以内であることを特徴とする直流電源装置。

【請求項6】 2個の太陽電池ユニットと；電気二重層コンデンサを用いた蓄電ユニットと；所定の閾値を境に、上記2個の太陽電池ユニットが、並列接続されている状態と、上記2個の太陽電池ユニットが、直列接続されている状態との間で変化させる第1の制御手段と；を有し、上記2個の太陽電池ユニットが出力した電力を、上記蓄電ユニットに蓄えることを特徴とする直流電源装置。

【請求項7】 太陽電池ユニットと；電気二重層コンデ

ンサを用いたM個の蓄電ユニットと；第2の閾値群を境に、上記M個の蓄電ユニットが並列、直列の少なくとも一方で接続される第3の接続状態から、上記M個の蓄電ユニットが並列、直列の少なくとも一方で接続され、上記第3の接続状態とは異なる第4の接続状態に変化させる第2の制御手段と；を有し、上記太陽電池ユニットが出力した電力を、上記M個の蓄電ユニットに蓄えることを特徴とする直流電源装置。

【請求項8】 請求項7において、
10 上記蓄電ユニットの残存容量が大きいときに、上記蓄電ユニットの並列接続の割合を大きくし、上記蓄電ユニットの残存容量が小さいときに、上記蓄電ユニットの直列接続の割合を大きくすることを特徴とする直流電源装置。

【請求項9】 請求項7において、
1とMを含むMの約数とを小さい順に並べると、1、 M_1 、 M_2 、……、 M_{n-2} 、 M_{n-1} 、Mである場合、
上記蓄電ユニットの接続の組み合わせは、1個直列・ $(M/1)$ 組並列の接続、 M_1 個直列・ (M/M_1) 組並列の接続、 M_2 個直列・ (M/M_2) 組並列の接続、……、 M_{n-2} 個直列・ (M/M_{n-2}) 組並列の接続、 M_{n-1} 個直列・ (M/M_{n-1}) 組並列の接続、M個直列・ (M/M) 組並列の接続であり、
上記複数の組み合わせの1つから、上記1つの組み合わせの隣の組み合わせに、上記蓄電ユニットを組替えることを特徴とする直流電源装置。

【請求項10】 請求項9において、
個別の上記蓄電ユニットの許容蓄電電圧の平均値を V_{cmax} とし、
30 上記複数の組み合わせの1つから、上記1つの組み合わせの隣の組み合わせに、上記蓄電ユニットを組替える場合の上記閾値は、個別の上記蓄電ユニットの蓄電電圧が、 $V_{cmax} \times (1/M_{j+1})$ であり、または、全蓄電電圧が、 $V_{cmax} \times (M_j/M_{j+1})$ である($0 \leq j \leq n-1$)ことを特徴とする直流電源装置。

【請求項11】 請求項9において、
上記M個の蓄電ユニットのそれぞれにおける許容蓄電電圧、容量の平均値からの差異が、それぞれ $\pm 15\%$ 以内である直流電源装置。

【請求項12】 太陽電池ユニットと；電気二重層コンデンサを用いた2個の蓄電ユニットと；所定の閾値を境に、上記2個の蓄電ユニットが、並列接続されている状態と、上記2個の蓄電ユニットが、直列接続されている状態との間で変化させる第2の制御手段と；を有し、上記太陽電池ユニットが出力した電力を、上記2個の蓄電ユニットに蓄えることを特徴とする直流電源装置。

【請求項13】 L個の太陽電池ユニットと；電気二重層コンデンサを用いたM個の蓄電ユニットと；第1の閾値群を境に、上記L個の太陽電池ユニットが、並列、直列の少なくとも一方で接続される第1の接続状態から、

上記L個の太陽電池ユニットが、並列、直列の少なくとも一方で接続され、上記第1の接続状態とは異なる第2の接続状態に変化させる第1の制御手段と；第2の閾値群を境に、上記M個の蓄電ユニットが並列、直列の少なくとも一方で接続される第3の接続状態から、上記M個の蓄電ユニットが並列、直列の少なくとも一方で接続され、上記第3の接続状態とは異なる第4の接続状態に変化させる第2の制御手段と；を有し、上記L個の太陽電池ユニットが出力した電力を、上記M個の蓄電ユニットに蓄えることを特徴とする直流電源装置。

【請求項14】 請求項13において、上記蓄電ユニットの残存容量が大きいときに、上記太陽電池ユニットの並列接続の割合を大きくし、上記太陽電池ユニットによる発電電力が小さいときに、上記太陽電池ユニットの直列接続の割合を大きくし、また、上記蓄電ユニットの残存容量が大きいときに、上記蓄電ユニットの並列接続の割合を大きくし、上記蓄電ユニットの残存容量が小さいときに、上記蓄電ユニットの直列接続の割合を大きくすることを特徴とする直流電源装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、太陽電池を主な発電素子として用いる直流電源装置およびその構成法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】経済社会の発展とともにエネルギー問題は、重要性を増し、特に、近年は、地球環境保全の立場とのバランスが重視されている。化石燃料の枯渇の危惧、エネルギー発生に伴い処理または量的削減を要する廃棄物・排出物の問題等への懸念から、クリーンエネルギーへの関心が高まっている。

【0003】中でも、太陽電池は、エネルギー発生の源となる太陽光エネルギーが将来にわたって無尽蔵に存在すると考え得る点や、エネルギー発生に伴う排出物等の副産物が無い点から、有望なクリーンエネルギー源として注目されている。

【0004】しかし、太陽光発電は、現状においては様々な欠点を持っている。発生エネルギー当たりのシステム価格が、他の一般的な発電手段に比べて高価であることが、システムの普及を遅らせている大きな原因であるが、この原因については、太陽電池素子本体と周辺技術との発展によって今後克服されていく可能性を持っている。

【0005】他の欠点の中で本質的なものとしては、発電電力の天候依存性・場所依存性（緯度・日当たり等）が大きく、夜は発電しないというように、時間変動が大きく一定しない特性を持つことが挙げられる。

【0006】この時間変動が大きいことは、特に、商用交流電力と連係しない自立型システム用電源として使用する場合、システムの継続性・信頼性の面で問題とな

る。この特性を緩和・補償するために、通常、何らかの蓄電手段が取られ、負荷へのエネルギー供給の平滑化が図られている。蓄電手段の代表的なものとしては、種々の二次電池が知られているが、一般に、二次電池は寿命が短く、長期の使用の際にはメンテナンスコスト等の面で不利である。

【0007】また、二次電池の蓄電能力を十全に発揮するためには、充放電方法の詳細な制御（特に充電時の電流電圧の緻密なコントロール等）が必要であり、この面でもシステムのコストアップに繋がるという欠点がある。

【0008】一方、他の蓄電手段として、電気二重層コンデンサ（EDLC）が知られている。EDLCは、二次電池に比べて、充放電繰り返し寿命が長く、大電流取り出し等の苛酷な使用にも耐える高信頼性の手段であり、充放電にあたっては、基本的には、最大許容充電電圧を監視するのみで済むので、二次電池のような詳細な充放電制御が不要であるという特徴がある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】図6は、従来の直流電源回路DPS1を示す回路と、その特性とを示す図とである。

【0010】直流電源回路DPS1は、図6（1）に示すように、太陽電池ユニット10と、蓄電用EDLC20とによって構成されている。

【0011】図6（1）では、電流の逆流防止と過電圧防止のためのダイオード等は、説明を簡単にするために省略してあり、これによる電圧ドロップ等も省略してある。他の図でも、上記と同様に、ダイオード等を省略して示してある。

【0012】図6（2）は、直流電源回路DPS1において、EDLC20への充電特性を示す図である。

【0013】その横軸Vは、太陽電池ユニット10、EDLC20それぞれの両端電圧であり、その縦軸Iは、太陽電池ユニット10によって生じた電流であり、直流電源回路DPS1における抵抗値等によって、図6（2）に示すように、電圧電流特性30を示す。

【0014】ここで、 V_{oc} は開放電圧、 I_{sc} は短絡電流であり、この太陽電池ユニット10は、動作電圧、電流がそれぞれ V_{max} 、 I_{max} であるときに、最大出力を示す。後述の説明時に使用する曲線因子Fは、 $F = V_{max} \cdot I_{max} / V_{oc} \cdot I_{sc}$ で定義される。

【0015】EDLC20の蓄電量は、使用に伴い、満充電から空に近く変化する。たとえば、EDLC20の蓄電量が空に近い場合、EDLC20の両端の電圧は低く、図6（2）に示すように、動作電圧V1、動作電流I1で示される。この場合における発電・蓄電電力は、図6（2）の斜線部31の面積（すなわち $V1 \times I1$ ）で示される。

【0016】一方、この太陽電池ユニット10が最大出

力を示すのは、図6(2)における V_{max} で示される動作電圧、 I_{max} で示される動作電流のときである。

【0017】ところで、太陽電池の電圧電流特性の特徴から、電流(I_{max} と I_1)は大きな違いはないものの、電圧の値(V_{max} と V_1)は大きくかけ離れ、EDLC蓄電量が小さいときに、斜線部(発電・蓄電電力)31は、太陽電池の最大出力 $V_{max} \times I_{max}$ に比べて、著しく小さく、したがって入射する太陽光のエネルギー利用効率は、低い状態に留まっている。

【0018】図6(3)は、この系の電圧電力特性を示す図である。

【0019】EDLC20が、空に近い状態から充電されていくに従って(すなわち、充電電圧 V_1 が低い値から、次第に高くなるに従って)、特性曲線40の太線部分で示される範囲で、充電電力が変化し、概ね右肩上がりの状態になる。このときの電圧の値は、たとえばゾーン0の範囲で変化する。

【0020】ゾーン0の中でも特に、図6(3)のゾーン1(たとえば図6(2)に示す V_1 等)では、太陽電池ユニット10が出力する電流はほとんど変わらないが、EDLC20の蓄電量が少ないので、充電電圧が低く、電力Pとしては小さい値である。

【0021】上記のような特徴を持つ太陽電池を発電手段とし、EDLCを蓄電手段とするシステムにおいて、従来は、それぞれの手段の特性に適合した構成が取られていない。

【0022】したがって、システム全体としてのエネルギー利用効率が低い。この場合の利用効率とは、入って来る太陽光エネルギーに対する蓄積エネルギーまたは実際に利用されたエネルギーの割合で定義される。

【0023】具体的には、発電手段としての太陽電池は、晴天でない場合または十分な光量が得られない室内使用の場合等では、十分な起電力・電流が得られず、また、EDLCへの充電時には、すでに蓄積された電荷に対応して、EDLCの電圧が大きく異なった値を取るもので、ある条件(日時・天候・EDLC蓄電状況等)において、太陽電池が最大出力を生じる際の電圧と、EDLC電圧との不一致が大きき場合が多く、太陽電池とEDLCとが直結されている直結型である場合、必ずしも効率の良い充電になってはいないという問題がある。

【0024】また、利用効率を向上させるために、発電手段から蓄積手段へエネルギーを移す際に、コンバータ等を用いて電圧・電流を制御することが従来行われているが、特に、小電力自立システムでは、これら制御系に要するエネルギーと、蓄電された有効エネルギーとの割合が無視できない値になり、系全体として有効な制御法になっていないという問題がある。

【0025】本発明は、太陽電池と電気二重層コンデンサとによって直流電源装置を構成した場合、効率の良い充電を行うことができる直流電源装置を提供することを

目的とするものである。

【0026】

【課題を解決するための手段】本発明は、L個の太陽電池ユニットと、電気二重層コンデンサを用いたM個の蓄電ユニットと、所定の閾値を境に、上記L個の発電ユニットが並列、直列の少なくとも一方で接続される第1の接続状態から、上記L個の発電ユニットが並列、直列の少なくとも一方で接続され、上記第1の接続状態とは異なる第2の接続状態に変化させる制御手段とを有する直流電源装置である。

【0027】

【発明の実施の形態および実施例】(第1実施例)図1は、本発明の第1の実施例である直流電源装置DPS10を示す回路図と、その特性図である。

【0028】図1(1)は、直流電源装置DPS10を示す回路図である。

【0029】直流電源装置DPS10は、2つの太陽電池ユニット11、11と、蓄電用EDLC20と、スイッチS11、S12、S2と、図示しない制御部とを有する。

【0030】上記実施例では、スイッチS11、S12、S2として、安価で低消費エネルギーの自己保持型リレーを用いている。上記制御部は、スイッチS11、S12、S2の開閉を制御するものであり、安価で低消費電力のプロセッサを用いている。

【0031】図1(2)は、直流電源装置DPS10における電圧電流特性を示す図である。

【0032】EDLC20の蓄電状況(両端電圧)に応じて、太陽電池ユニット11、11の接続を、直列、並列に切り替えることによって、図1(2)の太線32に沿った電流電圧になる。

【0033】図1(2)には、太陽電池ユニット11の単体の電圧電流特性33も同時に示してある。

【0034】図2は、直流電源装置DPS10において、スイッチ切り替えることによって、太陽電池ユニット11、11を並列に接続した場合と直列に接続した場合における等価回路と、電圧電流特性とを示す図である。

【0035】図2(1)は、直流電源装置DPS10を構成する2つの太陽電池ユニット11、11が並列接続されている状態を示す回路図であり、図2(2)は、直流電源装置DPS10を構成する2つの太陽電池ユニット11、11が並列接続されている状態における電圧電流特性を示す図である。

【0036】図2(3)は、直流電源装置DPS10を構成する2つの太陽電池ユニット11、11が直列接続されている状態を示す回路図であり、図2(4)は、直流電源装置DPS10を構成する2つの太陽電池ユニット11、11が直列接続されている状態における電圧電流特性を示す図である。

【0037】図1(3)は、直流電源装置DPS1における電圧電力特性41を示す図である。

【0038】図1(3)に示す電圧電力特性41は、図2(2)に示す特性と、図2(4)に示す特性とを重ね合わせ、効率のよい方の特性を選択した特性である。

【0039】つまり、図1(3)に示す電圧電力特性41は、EDLC20の両端電圧が、所定の閾値 V_{th} 以下である場合には、太陽電池ユニット11、11を並列に接続するように、スイッチS11、S12を閉じ、スイッチS2を開き、図2(2)に示す電圧電流特性(2並列時の特性)になり、一方、EDLC20の両端電圧が、所定の閾値 V_{th} よりも高い場合には、太陽電池ユニット11、11を直列に接続するように、スイッチS11、S12を開き、スイッチS2を閉じ、図2(4)に示す電圧電流特性(2直列時の特性)になる。

【0040】ところで、図6(3)に示す従来の直流電源装置DPS1における電圧電流特性が右肩上がりであるのに対して、図1(3)に示す直流電源装置DPS1における電圧電力特性41は、2つのピークを持ち相対的に平坦に近い特性である。特に、図1(3)におけるゾーン2では、電圧が低い状況において、効率の高いEDLC充電が行われている。

【0041】実際の運用においては、EDLC20の蓄電量(すなわち両端電圧)が大きく動き、しかも、太陽電池ユニット11の動作点も、日照の変動によって刻々と変化する。したがって、これらのバランスによって、たとえば、上記実施例では、太陽電池ユニットをユニット分割して構成し、常時、有効なエネルギー利用効率を達成している。上記実施例において、長時間運用時の平均エネルギー利用効率は、従来比135%になった。

【0042】上記第1の実施例は、2つの太陽電池ユニット11、11を使用した場合の例であるが、太陽電池ユニット11の使用数は2つに限定されるものではなく、直流電源装置が置かれた光照射の環境、利用可能面積等に応じて、太陽電池ユニット11の使用数を適宜、設定することが好ましい。

【0043】日照量が少ない環境下では、AM1.5(エアマス1.5)の V_{oc} (太陽電池ユニット11の開放電圧の平均値)に比べて、各太陽電池ユニット11における発電電圧が低くなるので、太陽電池ユニット11の直列接続の割合を多くし、全発電電圧の大きさを確保し、日照量が多い環境下では、並列接続の割合を多くし、全発電電流を大きくすることが、有利である。なお、「AM1.5」(エアマス1.5)は、太陽光のスペクトルが地上の大気層に吸収される影響(地球の場所による)を考慮した場合の値である。

【0044】(第2実施例)図3は、本発明の第2の実施例である直流電源装置DPS20を示す図である。

【0045】図3(1)は、第2の実施例である直流電源装置DPS20の構成を示すブロック図である。

【0046】直流電源装置DPS20は、6個($L=6$)の太陽電池ユニット11と、図示しないスイッチと、図示しない制御部とを有する。

【0047】上記スイッチは、上記6個の太陽電池ユニット11を全て並列に接続したり(1直6並、つまり、1個直列・6組並列の接続)、上記6個の太陽電池ユニット11のうちの2個づつを互いに直列接続した3組を並列接続したり(2直3並、つまり、2個直列・3組並列の接続)、上記6個の太陽電池ユニット11のうちの3個づつを互いに直列接続した2組を並列接続したり(3直2並、つまり、3個直列・2組並列の接続)、上記6個の太陽電池ユニット11を全て直列に接続したり(6直1並、つまり、6個直列・1組並列の接続)するために回路を切り替えるスイッチである。

【0048】上記制御部は、EDLC20の蓄電状況(EDLC20の両端電圧)に応じて、上記各スイッチの開閉を制御するものである。つまり、EDLC20の両端電圧が、低い状態から、高い状態に推移する場合、この推移に応じて、1直6並、2直3並、3直2並、6直1並の順で、太陽電池ユニット11の接続状態を変化させるように、上記スイッチの開閉を制御するものである。

【0049】図3(2)は、直流電源装置DPS20における電圧電流特性34を示す図である。

【0050】 $L=6$ の場合、6の約数は、1、2、3、6である。つまり、(L, L_1, L_2, L_3)=(1, 2, 3, 6)である。電圧電流特性34を見ると明らかに、EDLC20の両端電圧が低い場合には、1直6並、2直3並等のように、並列接続の数を多くして電流を稼ぎ、EDLC20の両端電圧が高い場合は、直列接続の数を多くすることによって、電圧を稼ぎ、いずれの場合でも高エネルギー利用効率を達成している。

【0051】図3(3)は、直流電源装置DPS20における電圧電力特性42を示す図である。

【0052】直流電源装置DPS20における電圧電力特性42は、直流電源装置DPS10における電圧電力特性41よりも、全体的に、より平坦な特性を示し、広範な電圧範囲において、高エネルギー利用効率を実現することができる。

【0053】直流電源装置DPS20では、太陽電池ユニット11を6個使用している($L=6$ である)が、太陽電池ユニット11をたとえば12個使用している($L=12$ である)場合には、 $L=12$ の約数は、1、2、3、4、6、12であり、約数が6個であるので、6段階の電圧電流特性を実現することができる。したがって、要請される電圧値、電力値等の状況に応じて、種々の応用を行うことができる。

【0054】これを、一般的に示せば、1と L を含む L の約数とを小さい順に並べると、1、 L_1 、 L_2 、……

…、 L_{n-2} 、 L_{n-1} 、 L である場合、上記太陽電池ユニッ

トの接続の組み合わせは、1個直列・ $(L/1)$ 組並列の接続、 L_1 個直列・ (L/L_1) 組並列の接続、 L_2 個直列・ (L/L_2) 組並列の接続、……、 L_{n-2} 個直列・ (L/L_{n-2}) 組並列の接続、 L_{n-1} 個直列・ (L/L_{n-1}) 組並列の接続、 L 個直列・ (L/L) 組並列の接続であり、上記複数の組み合わせの1つから、上記1つの組み合わせの隣の組み合わせ（上記した順序における隣の組み合わせ）に、上記太陽電池ユニットを組替える。

【0055】なお、「 L_i 個直列・ (L/L_i) 組並列の接続」は、太陽電池ユニットを i 個直列接続した直列回路を、 (L/L_i) 組並列接続した太陽電池ユニットの組み合わせである。

【0056】次に、太陽電池ユニット11の接続状態の組み替えを行う場合における閾値について説明する。

【0057】これまで説明してきた組み替えでは、たとえば、図3(2)に示す点35、36、37に対応する電圧(EDLC20の両端電圧)が、太陽電池ユニット11の組み替え(太陽電池ユニット11の接続状態の変更)用の第1の閾値群を構成する。

【0058】図4は、上記実施例を説明する特性曲線を示す図である。

【0059】一般に、太陽電池ユニット11単体における電圧電流特性は、図4(1)に示す特性曲線60である。このときの開放電圧が V_{oc} であり、曲線因子が F であるとする。今、特性曲線60を、図4(2)に示す2本の線分61、62で近似する。このときの近似線分の交点の電圧値を $V_{oc} \times F$ に取ると、これら2線分61、62は、曲線60に対する良い近似になる。

【0060】ここで、2個の太陽電池ユニット11を、並列接続した場合における電圧電流特性は、図4(3)に示す電圧電流特性63(図2(2)と同じ特性)になり、2個の太陽電池ユニット11を、直列接続した場合における電圧電流特性は、図4(3)に示す電圧電流特性64(図2(4)に示す特性)になる。そして、電圧電流特性63、64を、上記と同様の近似を行うと、線分65、66、67、68で示される。

【0061】この場合に、太陽電池ユニット11の組み替え(太陽電池ユニット11の接続状態の変更)用閾値電圧は、近似的に、 $V_{oc} \times (1+F)/2$ になる。この理由を以下に説明する。

【0062】つまり、図4(3)で、線分65は並列接続の場合の近似になっており、その電流値すなわち線分OEの長さは、単一ユニットの場合の電流値すなわち線分OBの長さの2倍になる。接続の組み替えは点Gで行われるのであるが、そのときの閾値電圧は、点Gまたは点Hの横軸座標値で与えられる。図4(3)で点D、C、Fの横軸座標値は同一であり、 $V_{oc} \cdot F$ である。線分66は、線分FAの一部である。AFDで表される三角形と、AGHで表される三角形は、相似であり、各辺

の比は2:1である。したがって、(線分ADの長さ):(線分AHの長さ)=2:1であり、点Hの横座標値(点Gの横座標値)は、 $V_{oc} \times (1+F)/2$ となる。

【0063】次に、6個の太陽電池ユニット11のときの一例として、太陽電池ユニット11を2個直列・3組並列の接続から、3個直列・2組並列の接続に組み替える場合(またはこの逆に組替える場合)の閾値電圧について説明する。

【0064】図7(1)で、この場合の組み替え点は、点36(点N)であり、このときの閾値電圧は、点Nまたは点Pの横座標値で与えられる。上記2個の太陽電池ユニットの例と同様に、JKMで表される三角形とJNPで表される三角形とは相似であり、その比は3:2である。したがって、(JMの長さ):(JPの長さ)=3:2であり、これから、点P(および点N)の横座標値は、 $V_{oc} \times 2 \times (1+2F)/3$ となる。

【0065】一般に、 L 個の太陽電池ユニットを用い、「 L_i 個直列・ (L/L_i) 組並列の接続」から、「 L_{i+1} 個直列・ (L/L_{i+1}) 組並列の接続」へ、太陽電池ユニット11を組み替える(太陽電池ユニット11の接続状態を変更する)場合の閾値電圧、または、その逆方向で、太陽電池ユニット11を組み替える(太陽電池ユニット11の接続状態を変更する)場合の閾値電圧は、 $V_{oc} \times (L_i/L_{i+1}) \times (L_{i+1} - L_i + L_i F)$ になる。この理由を図7(2)を用いて説明する。

【0066】この場合の組み替え点は、図7(2)における点Uであり、このときの閾値電圧は、点Uまたは点Wの横座標値で与えられる。上記2個および6個の太陽電池ユニットの例と同様に、RSTで表される三角形とRUWで表される三角形とは相似であり、その比は $L_{i+1}:L_i$ である。

【0067】したがって、(RTの長さ):(RWの長さ)= $L_{i+1}:L_i$ となり、これによって、点Wの横座標値(点Uの横座標値)は、 $V_{oc} \times (L_i/L_{i+1}) \times (L_{i+1} - L_i + L_i F)$ となる。ここで、 L の約数は、1、 L_1 、 L_2 、…、 L_i 、…、 L_n と $(n+1)$ 個あるとした。 i は $0 \leq i \leq n-1$ である、なお、 $(L_j)^2 = L$ のように平方が含まれているときには、約数2個(すなわち…、 L_j 、 L_j 、…のように)と数える。

【0068】ところで、上記組み替えを行うに際して、有効な組み替えを行うには、各太陽電池ユニット11の特性が、互いに、ある程度揃っていることが好ましい。

【0069】各太陽電池ユニット11における開放電圧 V_{oc} の平均値と、1つの太陽電池ユニット11における開放電圧 V_{oc} との差異が、 $\pm 2.0\%$ 以内であり、また、各太陽電池ユニット11における曲線因子 F の平均値と、1つの太陽電池ユニット11における曲線因子 F との差異が、 $\pm 3.0\%$ 以内であるときに、エネルギー利用効率は、従来比110%になり、この範囲で有効であ

る。

【0070】上記2つの実施例は、太陽電池ユニットのみを配列組み替えるものであるが、太陽電池ユニット群に加え、EDLCについてもユニット群を構成し、太陽電池ユニット群との組合わせに応じて適宜組み替えを行うことができる。

【0071】つまり、上記実施例は、L個の太陽電池ユニットと、電気二重層コンデンサを用いた蓄電ユニットとを設けた場合、第1の閾値群を境に、上記L個の太陽電池ユニットが、並列、直列の少なくとも一方で接続される第1の接続状態から、上記L個の太陽電池ユニットが、並列、直列の少なくとも一方で接続され、上記第1の接続状態とは異なる第2の接続状態に変化させる第1の制御手段を有し、上記L個の太陽電池ユニットが出力した電力を、上記蓄電ユニットに蓄える直流電源装置の例である。

【0072】この場合、上記蓄電ユニットの残存容量が大きいときに、上記太陽電池ユニットの並列接続の割合を大きくし、上記太陽電池ユニットによる発電電力が小さいときに、上記太陽電池ユニットの直列接続の割合を大きくする。

【0073】なお、M個の蓄電ユニットのそれぞれにおける許容蓄電電圧、容量の平均値からの差異は、それぞれ±15%以内であることが好ましい。

【0074】（実施例3）図5は、本発明の第3の実施例である直流電源装置DPS30を示す図である。

【0075】図5（1）は、第3の実施例である直流電源装置DPS30を示す回路図である。

【0076】直流電源装置DPS30は、EDLCユニット21、21と、スイッチS31、S32、S4と、回路内ゲート100と、DC/DCコンバータ70と、負荷80とを有するものである。なお、図5（1）では、太陽電池ユニット側が省略されている。

【0077】直流電源装置DPS30において、EDLCユニット21、21に蓄積されたエネルギーを、DC/DCコンバータ70を介して、負荷80に供給する。負荷80には、DC/DCコンバータ70によって定電圧がかかるように調整され、コンバータの入力電圧範囲・変換効率に応じて、蓄電エネルギーの有効利用がはかれるように、EDLCユニットの組み替えが行われる。すなわち、コンバータ70への入力電圧の適正化が行われる。

【0078】コンバータ70の入力電圧範囲に、適正に入るためには、EDLCユニット21の残存容量が大きいとき（両端電圧が高いとき）に、EDLCユニット21の並列接続の割合を大きくし、残存容量が小さいとき（両端電圧が低いとき）に、EDLCユニット21の直列接続の割合を大きくすることが好ましい。

【0079】各太陽電池ユニット11に蓄積されたエネルギーが空に近くなるまで有効に使用されるのは、直列

接続の割合を大きくした場合であり、図5（1）に示す2個のEDLCユニット21、21の場合、ユニットの許容蓄電電圧が V_{cmax} であると、コンバータ70の仕様出力電圧を $V_{cmax}/2$ 〔一定〕にし、入力電圧範囲（たとえば、最大電圧 V_{cmax} ～最小電圧 $V_{cmax}/2$ の範囲。つまり、図5（2）にゾーン4で示す範囲）に設定すると、EDLCユニット21の放電に伴い、図5（2）に示すように、2並列（放電特性曲線90）から、2直列（曲線91〔全電圧〕）に切り替えれば、コンバータ入力電圧範囲をカバーすることができる（一定の電圧を出力することができる）。

【0080】このときの単一ユニット21の電圧は、 V_{cmax} （並列時；曲線90）から、 $V_{cmax}/4$ （直列時；曲線92）の範囲である。もし、2ユニット構成ではなく単一ユニット構成であったならば、 $V_{cmax} \sim V_{cmax}/2$ の範囲でのみ、コンバータが機能することになり、Vの2乗に比例する蓄電エネルギーの利用効率の面で不利である。

【0081】上記実施例のような2ユニット構成に限らず、一般に、M個のEDLCユニットを、「 M_j 並列、 M/M_j 直列」から「 M_{j+1} 並列、 M/M_{j+1} 直列」へ組み替えるとき、またはその逆方向へ組み替えるときには、個別の蓄電ユニットの蓄電電圧が $V_{cmax} \times (1/M_{j+1})$ 、または、全蓄電電圧が $V_{cmax} \times (M_j/M_{j+1})$ である上記第2の閾値群の値をもって組み替えを行えば、2ユニット構成の場合と同様に、DC/DCコンバータ70の仕様入力電圧範囲に入れることができ、有利な蓄電エネルギー利用効率を得ることができる。

【0082】この場合、閾値許容範囲±10%のときに、従来比110%の効率が得られ、この許容範囲のときに有効である。

【0083】なお、図5（1）に示すように、上記実施例では、EDLCユニット21が放電しない場合に、無用なエネルギー消費を抑えるように、回路内にゲート100が設けられている。負荷80が接続されていない場合には、ゲート100を遮断し、DC/DCコンバータ70の稼動によるエネルギー消費を抑制する。

【0084】図5（3）は、直流電源装置DPS30において、太陽電池ユニット11、11、EDLCユニット21、21部分のみを示す回路図である。

【0085】直流電源装置DPS30では、太陽電池ユニット11、11、EDLCユニット21、21は、ともに2ユニット構成になっている。光照射量の多少、刻々のEDLC電圧の大小によって、それぞれ、直列接続／並列接続を組み換える。組み替えに要するエネルギー消費と、制御に伴う効率向上を比較検討し、最大効果を上げる制御方法（組み替え動作繰り返し周期の選択等）を採用することによって、エネルギー利用効率の最大化が達成される。

【0086】また、図5（3）は、太陽電池ユニットの

接続の組み合わせを変えたとともに、EDLCユニットの接続の組み合わせを変えるようにしているが、EDLCユニットの接続の組み合わせのみを変化させるようにしてもよい。

【0087】つまり、太陽電池ユニットと、電気二重層コンデンサを用いたM個の蓄電ユニットとを設け、第2の閾値群を境に、上記M個の蓄電ユニットが並列、直列の少なくとも一方で接続される第3の接続状態から、上記M個の蓄電ユニットが並列、直列の少なくとも一方で接続され、上記第3の接続状態のとは異なる第4の接続状態に変化させる第2の制御手段を有し、上記太陽電池ユニットが出力した電力を、上記M個の蓄電ユニットに蓄えるようにしてもよい。

【0088】この場合、蓄電ユニットの残存容量が大きいときに、蓄電ユニットの並列接続の割合を大きくし、蓄電ユニットの残存容量が小さいときに、蓄電ユニットの直列接続の割合を大きくする。

【0089】また、1とMを含むMの約数とを小さい順に並べると、1、 M_1 、 M_2 、……、 M_{n-2} 、 M_{n-1} 、Mである場合、上記蓄電ユニットの接続の組み合わせは、1個直列・ $(M/1)$ 組並列の接続、 M_1 個直列・ (M/M_1) 組並列の接続、 M_2 個直列・ (M/M_2) 組並列の接続、……、 M_{n-2} 個直列・ (M/M_{n-2}) 組並列の接続、 M_{n-1} 個直列・ (M/M_{n-1}) 組並列の接続、M個直列・ (M/M) 組並列の接続であり、上記複数の組み合わせの1つから、上記1つの組み合わせの隣の組み合わせに、上記蓄電ユニットを組替える。

【0090】なお、個別の上記蓄電ユニットの許容蓄電電圧の平均値を V_{cmax} とし、上記複数の組み合わせの1つから、上記1つの組み合わせの隣の組み合わせに、上記蓄電ユニットを組替える場合の上記閾値は、個別の上記蓄電ユニットの蓄電電圧が、 $V_{cmax} \times (1/M_{j+1})$ であり、または、全蓄電電圧が、 $V_{cmax} \times (M_j/M_{j+1})$ である($1 \leq j \leq n-1$)。

【0091】上記実施例では、昼間(すなわち光照射量大のとき)の組み替え動作周期として5分間が好適であり、夜間は10時間の組み替え停止モード後、30分間周期の組み替え動作を行ない、朝の光照射立ち上がりに追従した後、5分間周期の昼間モードを繰り返す条件が好適である。

【0092】上記実施例では、周期的な(最短5分間)組み替え動作時点でのみ、制御のためのエネルギーを消費するやり方を採用しているので、省エネルギー化を実現することができる。

【0093】なお、上記のように、上記実施例によれば、日照等の状況による太陽電池ユニット群の組み替えによる発電状況(EDLCへの充電状況)の最適化に加えて、上記実施例である直流電源装置に負荷を繋いで使用する場合の状況(EDLCからの放電状況)を最適化することが、上記と同じに実現することができ、これら

の組み合わせによって全体としてロスが少ない、高エネルギー利用効率の電源が実現される。

【0094】つまり、上記実施例によれば、太陽電池の特性とEDLCの電圧とのバランスをとるために、太陽電池、EDLCの少なくとも一方を複数のユニットで構成するので、太陽電池の発電環境とEDLC蓄電状況とに応じて、太陽電池ユニットを、並列接続、直列接続の少なくとも一方に、組み合わせ可能とし、エネルギー利用効率の良い発電が可能になる。

【0095】また、EDLCユニット群についても、太陽電池ユニット群の構成によって調整された電圧・電流に適合し、または、負荷側の特性に適合したエネルギー利用効率の高い、並列接続、直列接続の少なくとも一方の組み合わせを採用したものである。

【0096】したがって、上記実施例によれば、日照の状況に応じて刻々と変化する太陽電池発電特性と、EDLC蓄電状況との不一致が大きいために生じるエネルギー利用効率の低下を、構成太陽電池ユニット群、EDLCユニット群の少なくとも一方を、直列接続、並列接続の少なくとも一方の組み合わせに配置することによって改善し、またさらに、負荷側の特性に応じてEDLCユニット群を、並列接続、直列接続の少なくとも一方の組み合わせに配置することによって、安価で高エネルギー利用効率の直流電源装置を得ることができる。

【0097】また、切り替えに際して各太陽電池ユニット11群の特性の均一化を配慮すれば、切り替えに伴うロスの極小化を図ることができる。

【0098】

【発明の効果】本発明によれば、太陽電池と電気二重層コンデンサとによって直流電源装置を構成した場合、効率の良い充電を行うことができるというこを奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例である直流電源装置DPS10を示す回路図と、その特性図である。

【図2】直流電源装置DPS10において、スイッチ切り替えすることによって、太陽電池ユニット11、11を並列に接続した場合と直列に接続した場合における等価回路と、電圧電流特性とを示す図である。

【図3】本発明の第2の実施例である直流電源装置DPS20を示す図である。

【図4】上記実施例を説明する特性曲線を示す図である。

【図5】本発明の第3の実施例である直流電源装置DPS30を示す図である。

【図6】従来の直流電源回路DPS1を示す回路と、その特性とを示す図とである。

【図7】上記実施例において、閾値を説明する図である。

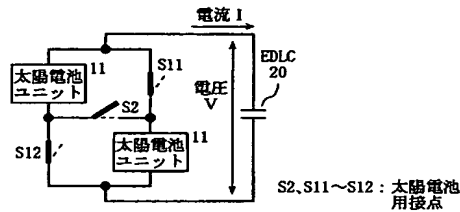
【符号の説明】

11…太陽電池ユニット、

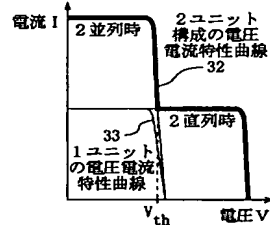
20…EDLC、
 21…EDLCユニット、
 31…電圧 V_1 、電流 I_1 のときの電力を表す量、
 32…2ユニット構成の電圧電流特性曲線、
 33…1ユニットの電圧電流特性曲線、
 34…第2の実施例の電圧電流特性曲線、
 41…第1の実施例の電圧電力特性曲線、
 S11、S12、S2…太陽電池用スイッチ、
 S31、S32、S4…EDLC用スイッチ、

【図1】

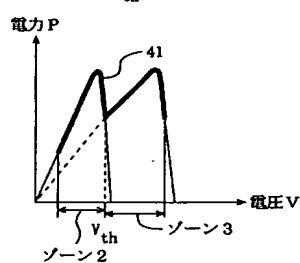
(1) DPS10: 直流電源装置



(2)



(3)

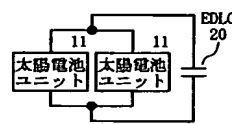


60…太陽電池ユニットの電圧電流特性曲線、
 61、62…ユニット特性曲線の近似線分、
 63…2ユニット並列の電圧電流特性曲線、
 64…2ユニット直列の電圧電流特性曲線、
 65、66、67、68…2ユニット構成の近似線分、
 70…DC/DCコンバータ、
 80…負荷、
 90、91、92…EDLC放電特性曲線、
 100…回路内ゲート。

【図2】

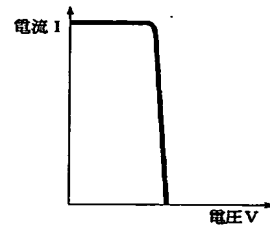
(1)

DPS10において、太陽電池ユニット11、11を並列接続した場合の等価回路



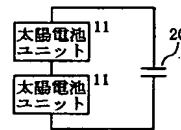
(2)

(1) の場合の電圧電流特性



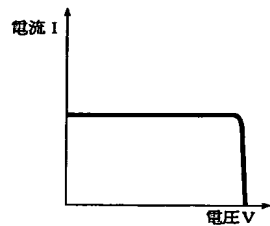
(3)

DPS10において、太陽電池ユニット11、11を直列接続した場合の等価回路

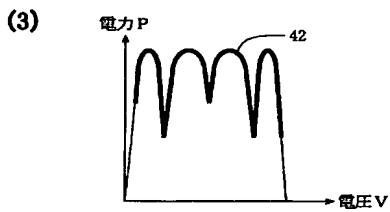
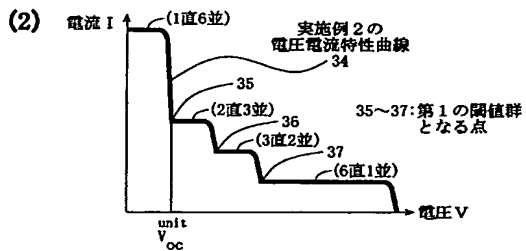
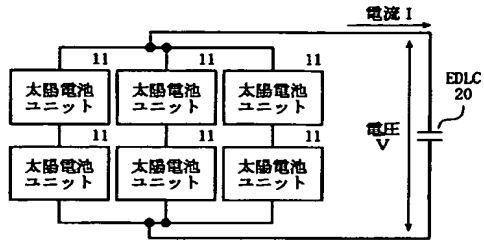


(4)

(3) の場合の電圧電流特性

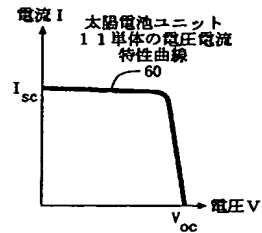


【図3】

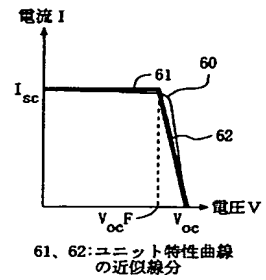
(1) DPS20: 直流電源装置

【図4】

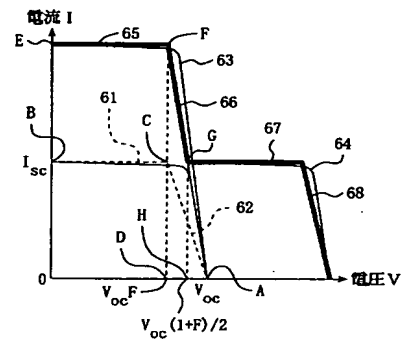
(1)



(2)

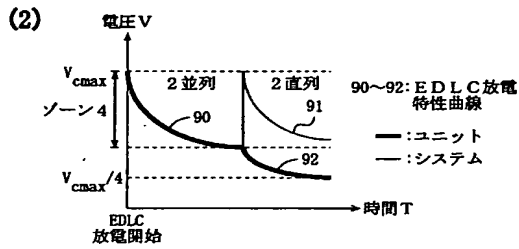
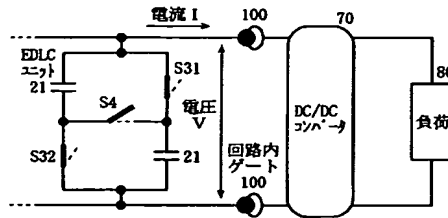


(3)

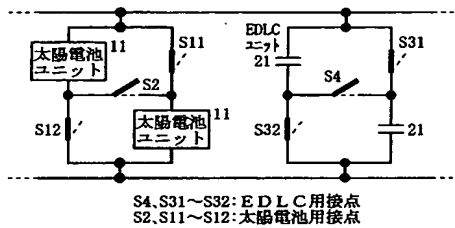


【図5】

(1) DPS30: 直流電源装置

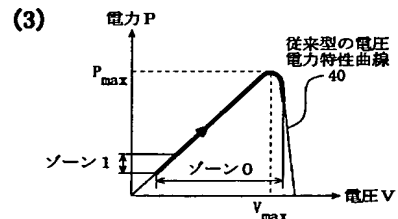
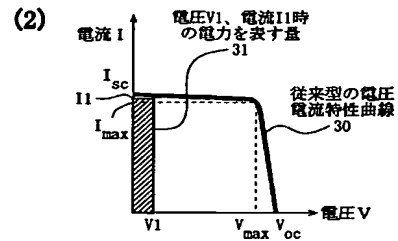
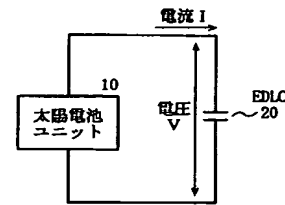


(3) DPS30

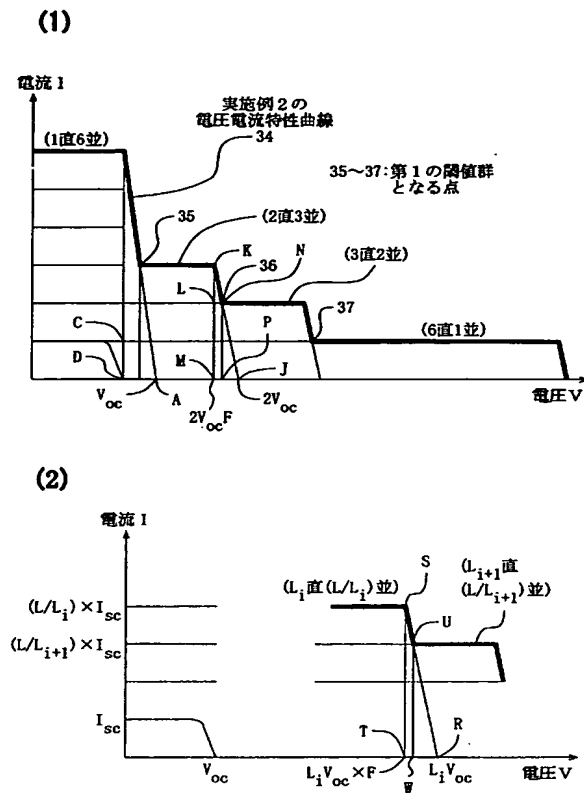


【図6】

(1) DPS1: 従来の直流電源装置



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 山田 武
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5F051 BA11 JA17 KA03 KA10
5G065 AA00 DA04 EA03 HA17 JA02
JA05 JA07 LA01 MA10 NA01